

# I – DESCRIEREA ECHIPAMENTULUI

Pe masă aveți unitatea de bază a sistemului FACET (Fault Assisted Circuits for Electronics Training). Aceasta cuprinde:

- Sursa de alimentare
- O matrice de 32 de relee care se comută pentru alegerea semnalelor de excitație / măsurare la diferite noduri din circuitul studiat
- Convertoare A/D și D/A
- Interfață serială pentru computer.

În concepția producătorului – Lab-Volt®- calculatorul ia în evidență fiecare student (sau grup de studenți) și îl conduce pas cu pas în efectuarea lucrării. Pe parcurs se fac testări și uneori se blochează trecerea la faza următoare până la răspunsul corect. La terminarea lucrării se generează automat un calificativ. Deoarece rețeaua de calculatoare din laborator necesită unele actualizări, pe moment, se va lucra fără computer – manual.

Unitatea de bază găzduiește plăci specializate pentru diferite lucrări (în cazul acesta TRANSDUCER FUNDAMENTALS ). Evident computerul găzduiește programele respective. Plăcile se conectează la unitatea de bază printr-un conector ZIF cu 130 de contacte. ZIF (Zero Insertion Force) este un conector generic cu geometria variabilă care își desface fâlcile la inserția plăcii iar după poziționare acestea se strâng prin acționarea unui buton rotativ. În acest fel se elimină frecarea între placă și conector și prin urmare se elimină uzura.

Placa studiată cuprinde circuite pentru măsurarea cu diferite tipuri de traductoare clar delimitate și marcate ca în figură. În colțul de N-E al plăcii sunt două circuite auxiliare:

- AMPLIFICATORUL DE INSTRUMENTAȚIE cu amplificări fixe x1, x10, x100, x1000 selectabile prin comutatoarele DIP (Dual In Line Plastic). Se mută adâncitura în dreptul amplificării selectate.

## **ATENȚIE!! Se poziționează o singură adâncitură în SUS!**

- Sursa de referință generează o serie de tensiuni fixe, stabile necesare în funcționarea unor circuite de pe placă dar și convertoarelor A/D de pe o placă suplimentară cu microcontroller care se conectează la J1.

Acest circuit nu intervine direct în desfășurarea lucrării.

În colțul de N-V al plăcii sunt plasate circuitele aferente traductoarelor pentru măsurarea temperaturii. Traductoarele propriu-zise sunt montate într-o incintă centrală izolată termic printr-un capac de plastic transparent. În incintă sunt montate și 8 rezistoare de 8,2Ω 0,5W care sub controlul unui regulator ON-OFF disipă puterea necesară încălzirii incintei la temperaturi prestabilite: 35°C, 40°C, 45°C, 50°C selectabile prin plasarea unui jumper. Poziția COMP - nefolosită acum – corespunde funcționării controlate de calculator.

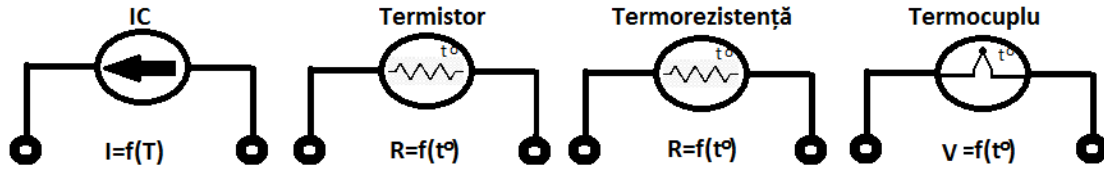
Pe placă există miniborne la care se pot conecta pini de măsurare, unde se pot conecta prin cleme crocodil aparatele de măsurare. În aceleași miniborne se pot conecta fire pentru completarea circuitelor. Pentru anumite conexiuni se folosesc călăreți iar bornele respective sunt marcate printr-o linie întreruptă.

## II DESFĂȘURAREA LUCRĂRII

### II.1 Măsurarea temperaturii

#### II.1.1 Introducere

Se vor studia patru traductoare pentru măsurarea temperaturii și circuitele de măsurare aferente. Pentru toate patru mărimea de intrare este temperatura dar mărimile de ieșire sunt diferite:



T- temperatura absolută ;  $t^{\circ}$  - temperatura  $^{\circ}\text{C}$ ;  $T[\text{K}] = 273,16 + t[^{\circ}\text{C}]$

Unul din cele patru traductoare și anume IC a fost ales ca traductor de referință și conectat la circuitul de control al temperaturii incintei termostate.

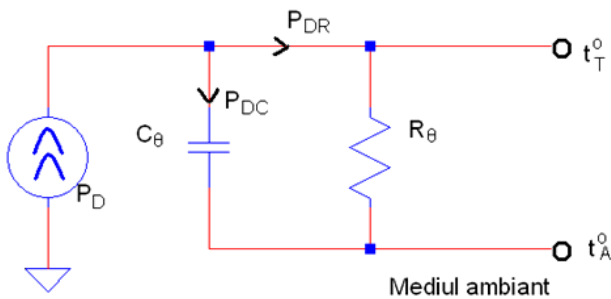
Alegerea se argumentează prin:

- Liniaritatea și stabilitatea caracteristicii de transfer
- Calibrare simplă
- Supratemperatură mică la conectarea în circuit datorită celui mai favorabil raport între puterea disipată și rezistența termică a încapsulării.

În concluzie în această lucrare IC este mijlocul de măsurare etalon acceptat ca just din punct de vedere metrologic. Eventualele erori la măsurarea cu alte traductoare se referă la măsurările făcute cu acest etalon.

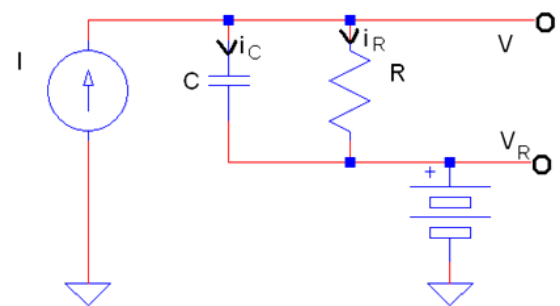
Eventualele erori ale traductorului nu se pot evidenția decât prin comparația cu alte traductoare cu certificare metrologică.

Procese termice se pot modela în cel mai simplu mod printr-un circuit electric echivalent.



Se admit analogiile:

Termic



Electric

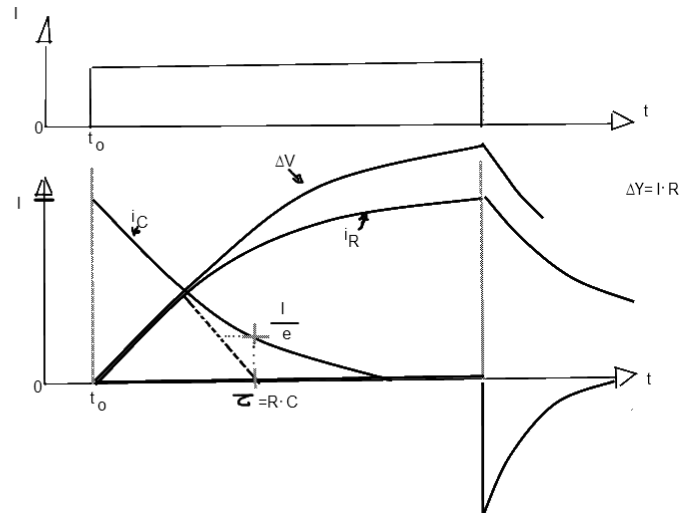
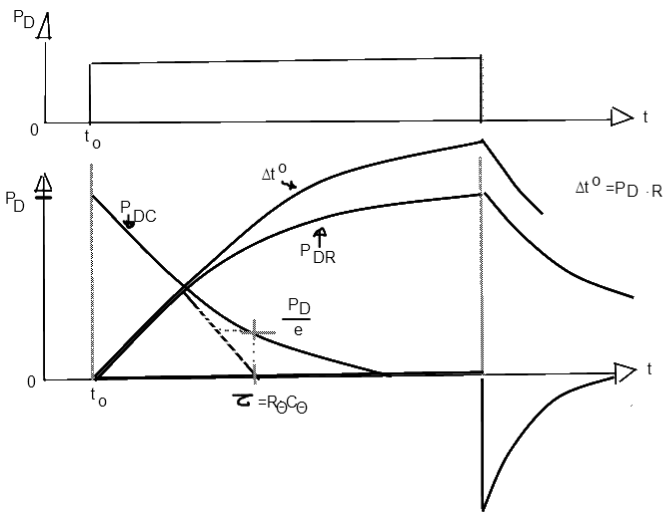
m - masa obiectului care preia puterea disipată [kg]

c – căldura specifică a obiectului —

– capacitatea termică — a obiectului încălzit

Dacă se admite că în regim permanent temperatura mediului ambiant , respectiv tensiunea de referință sunt constante și se păstrează constante indiferent de respectiv , iar , atunci respectiv

Dacă la momentul se aplică salturi treaptă asupra semnalelor și , mărimile variază astfel:



Segmentele curbelor de variație au una din formele:

- (exponențiale scăzătoare), sau
- (exponențiale crescătoare)

Pentru oricare dintre curbe dreapta tangentă la curbă în intersectează asimptota de regim permanent după un timp egal cu  $\tau$ . Valoarea măsurată în acest moment este egală cu mărimea saltului micșorată de  $e$  ori.

Deoarece pentru procesele termice constantele de timp sunt mari (sute de secunde) sunt necesare perioade de așteptare până la 10÷15min până la stabilirea temperaturii în termostat.

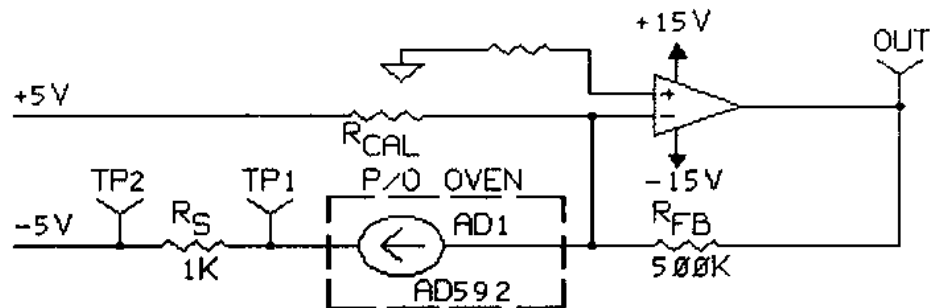
### II.1.2 Traductor de temperatură integrat pe siliciu

Traductorul utilizat este de tipul IPTAT [Current Proportional to Absolute Temperature] a cărui funcționare se bazează pe tensiunea termică — în siliciu.

Această tensiune, direct proporțională cu temperatura absolută , produce un curent direct proporțional. În cazul traductorului AD592 (Analog Devices) sensibilitatea nominală este —. Sensibilitatea reală poate fi diferită în funcție de erorile specificate în catalogul firmei.

Un circuit similar se găsește în problema Nr. 27 BSAD pe site-ul [www.messnet.pub.ro](http://www.messnet.pub.ro). Există și traductoare integrate VPTAT (Voltage Proportional to Absolute Temperature).

Circuitul de măsurare a temperaturii cu AD592 este desenat în figura de mai jos.



Circuitul cuprinde o rezistență serie între bornele de test TP1, TP2 pe care se poate măsura o tensiune de

Deoarece mărimea de ieșire a traductorului este un curent iar mărimea uzuală de ieșire este o tensiune, circuitul de măsurare este un convertor transimpedanță constituit din AO și rezistența de reacție de

Prin urmare . S-a neglijat curentul prin . se alege pentru

- Se pornește unitatea de bază prin comutatorul situat în lateral dreapta. Pornirea este confirmată de aprinderea celor două LED-uri roșii. Prin aceasta se alimentează circuitele de măsurare.
- Se măsoară – la rece- curentul AD592 prin măsurarea tensiunii între TP1 (+ multimetru) și TP2 (- multimetru) cu multimetru pe VDC și  $V_{M\dot{A}S} > 200mV$  și se calculează și se reține

— = \_\_\_\_  $\mu A$ . Se măsoară și se reține – la rece –  $V_{OUT}$ .

- Temperatura ambiantă se poate măsura cu un termometru cu mercur. Se notează  $t^{\circ}C =$  \_\_\_\_  $^{\circ}C$ .
- Considerând AD592 fără erori, să se calculeze mărimea  $R_{CAL}=?$
- Se montează jumperul DIL pe poziția 35 $^{\circ}C$  și călărețul alb la “OVEN ENABLE”. Prin aceasta se reglează termostatul pentru 35 $^{\circ}C$  și se pornește circulația curentului de încălzire. Pornirea încălzirii este semnalată prin aprinderea LED-ului roșu “OVEN ON”. Se așteaptă stabilizarea temperaturii până la stingerea LED-ului și încă 3-4 cicluri ON-OFF. Se repetă măsurările executate la rece și se completează tabelele:

TEMPERATURĂ ( $^{\circ}C$ )	CURRENT TRADUCTOR ( $\mu A$ )
35	
40	
45	
50	

Tab. 1.

TEMPERATURĂ ( $^{\circ}C$ )	TENSIUNE DE IEȘIRE (mV)
35	
40	
45	
50	

Tab. 2.

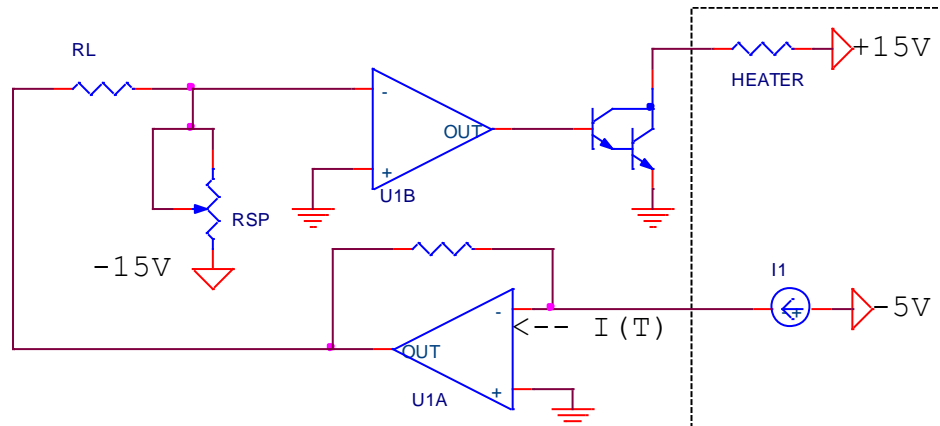
În ambele situații se măsoară VDC dar atenție, pentru  $I_T$  se măsoară 295 ÷ 325mA iar  $V_{OUT}$  este -2500 ÷ 10000mV. Se comută corespunzător comutatorul de sensibilitate.

- Se mută jumperul la 40 $^{\circ}C$ , se așteaptă până la 3 – 4 cicluri ON-OFF și se completează tabelele. Se repetă operațiile de mai sus mutând jumperul DIL la 45 $^{\circ}C$  și 50 $^{\circ}C$ .
- Se verifică datele din tabelul 2 conform valorilor așteptate în limitele unor erori rezonabile. Reamintim că circuitul de măsurare a fost proiectat pentru o sensibilitate la — și  $V_{OUT(30^{\circ}C)}=0V$ . De reținut că:

Prin monitorizarea acestei tensiuni avem o informație actuală a temperaturii din incinta termostată.

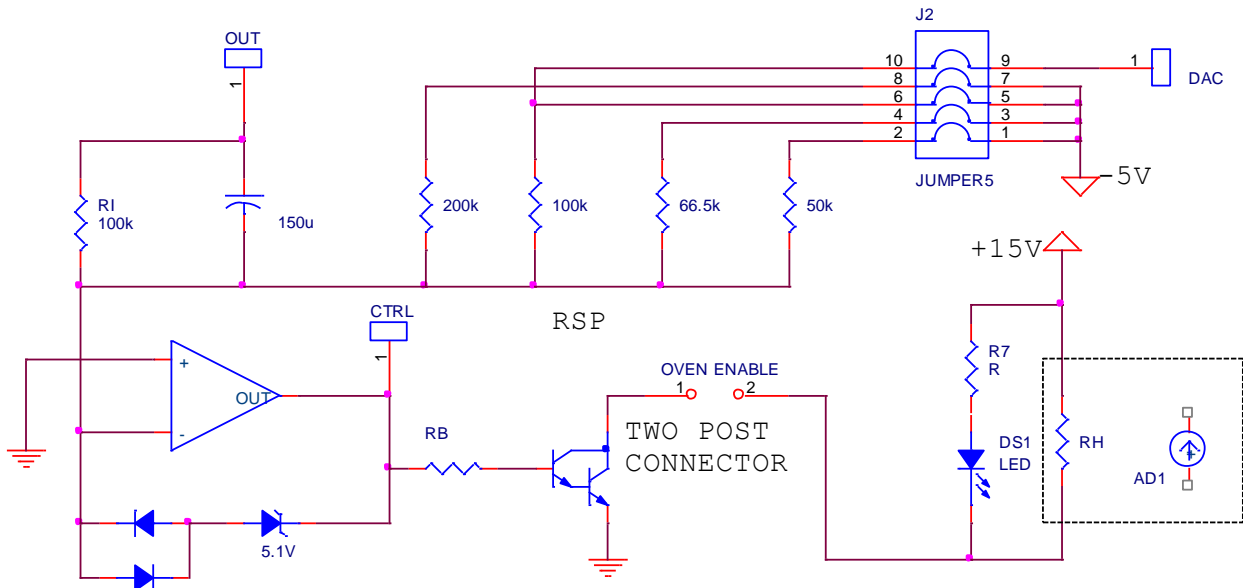
- Se conectează multimetrul pe VDC/10V la  $V_{OUT}$ . Tensiunea măsurată trebuie să fie aproximativ 10V. Se mută jumperul la 35°C și se declanșează simultan un cronometru. Temperatura va scădea de la 50°C la 35°C deci cu 15°C. După trecerea unei constante de timp variația va fi până la — deasupra nivelului de referință (35°C) adică 40,5°C, căreia îi corespunde o tensiune de 5,25V.
- Urmărind pe multimetru trecerea prin această valoare se acționează STOP cronometru și se determină  $\tau$  – constanta termică a incintei termostatate.

II. 1. 3. Studiul unui regulator de temperatură ON-OFF. Acest regulator este necesar pentru controlul temperaturii în incinta termostatată plecând de la mărimea de ieșire a traductorului integrat AD592 de tip IPTAT.



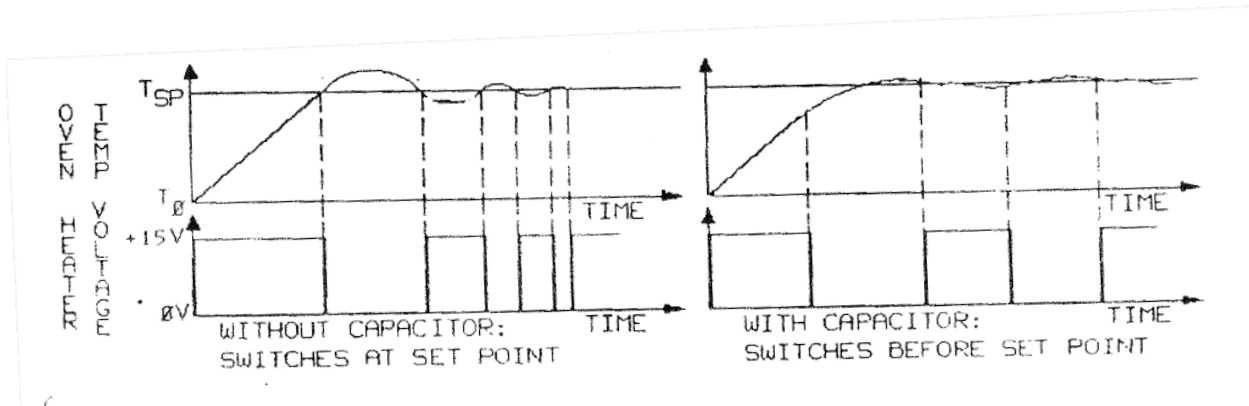
Ideea de bază este măsurarea temperaturii din incintă prin IPTAT și U1A care generează o tensiune  $V_{OUT}$  dependentă de temperatura incintei și compararea acesteia la intrarea comparatorului U1B: —

— . Variații ale  $I_{ID}$  de cca 1nA determină (datorită amplificării foarte mari a U1B) bascularea ieșirii U1B între  $\pm V_{MAX}$  și închiderea / deschiderea tranzistorului Darlington care permite circulația curentului de încălzire prin rezistența notată HEATER. La predominanța termenului negativ pe borna inversoare (-) a U1B tranzistorul Darlington se deschide, incinta se încălzește și  $V_{OUT}$  crește. Atunci când creșterea temperaturii face predominant termenul pozitiv, tranzistorul Darlington se blochează.



În figura de mai sus se vede o reprezentare mai exactă a comparatorului. Se remarcă rezistorul  $R_B$  care limitează curentul de bază la intrarea  $Q_1$ , diodele redresoare și dioda Zener care limitează tensiunea la nodul CTRL la +5,7V și -1,2V, poziționarea călărețului "OVEN ENABLE" și LED-ului "OVEN ON". Rezistențele  $R_{SP}$  sunt detaliate pentru diferitele valori ale temperaturii incintei.

Elementul cel mai important calitativ este condensatorul de  $150\mu F$ . Acest condensator, conectat în paralel cu  $R_i$  accentuează efectul variațiilor rapide ale  $V_{OUT}$  (temperaturii) și are ca efect compensarea inerției termice a incintei termostatate.



În figură sunt reprezentate variațiile în timp ale pulsurilor tensiunii pe rezistoarele de încălzire și variația temperaturii incintei fără și cu condensator. Se observă că în prezența condensatorului comutarea încălzirii este anticipată iar oscilațiile în jurul valorii programate sunt mici.

- Se mută jumperul DIL la  $50^\circ C$  și se așteaptă stabilizarea temperaturii în incintă. Se conectează osciloscopul pe  $2V/div$  și  $5s/div$  la borna CTRL iar multimetrul pe DCV și  $10V$  la  $V_{OUT}$ . Din vizualizarea pe osciloscop se estimează factorul de umplere al impulsurilor din CTRL față de nivelul de  $1,2V$   $k_u=0,5$  se va determina direct \_\_\_\_\_ = \_\_\_\_\_.

Se urmărește variația  $V_{OUT}$  și se determină fluctuația temperaturii  $\Delta t^\circ$ . Se rețin:

$k_u=$  \_\_\_\_\_

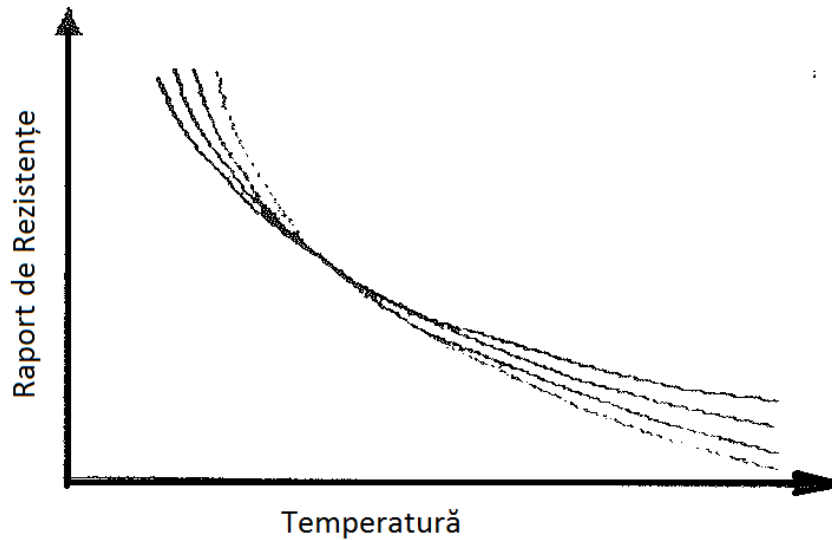
$\Delta t^\circ=$  \_\_\_\_\_

Deoarece puterea medie disipată este \_\_\_\_\_ . De aici se poate calcula \_\_\_\_\_.

În continuare se poate calcula capacitatea termică a incintei: \_\_\_\_\_.

#### II.1.4. Măsurarea temperaturii cu termistor.

Termistorul este un traductor rezistiv cu variație neliniară a rezistenței în funcție de temperatură:



$R_0$  – rezistența termistorului la  $t^\circ=25^\circ\text{C}$  sau  $T_0=298\text{K}$ .

$B$  – o constantă de material cu dimensiunea temperaturii – K.

$^\circ\text{C}$	Raport de Rezistențe	Coeficient de Temperatură	Deviația rezistenței
0	3,2650	5,1	1,5
5	2,5391	5,0	1,2
10	1,9898	4,8	0,8
15	1,5710	4,6	0,5
20	1,2491	4,5	0,2
25	1,0000	4,4	0,0
30	0,8057	4,3	0,4
35	0,6531	4,2	0,7
40	0,5329	4,0	1,0
45	0,4369	3,9	1,3
50	0,3603	3,8	1,5
$R_{25^\circ\text{C}} = 10\text{k}\Omega \pm 10\%$			
$R_T = R_{25^\circ\text{C}} \times \text{raportul de rezistențe la } T^\circ$			

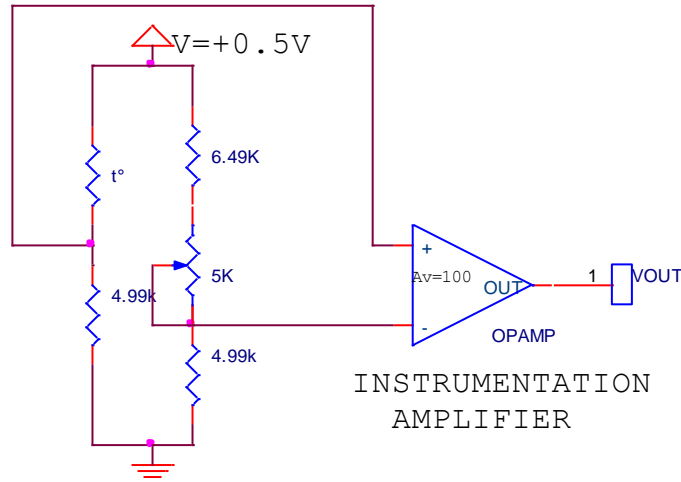
Tab. 3

În tab. 3 sunt prezentate datele termistorului din lucrare. Atât din reprezentarea grafică cât și din tabel este evidentă comportarea neliniară a acestui traductor. Termistoarele au totuși o sensibilitate mare (mai ales la temperaturi mici și o liniaritate acceptabilă pe

- Se modifică temperaturile din incintă, se măsoară rezistența termistorului cu multimetrul pe  $\text{k}\Omega$  direct la bornele termistorului și se completează tabelul:

Temperatura [°C]	Rezistența [kΩ]
35	
40	
45	
50	

Se compară cu datele din tabelul 3.



Circuitul de măsurare este reprezentat de o punte Wheatstone și un amplificator de măsurare cu  $A_V=100$ . Calibrarea se face pentru 0V la  $t^\circ=30^\circ\text{C}$  prin rezistența variabilă de 5kΩ. Știind cât este rezistența termistorului din Tab. 3 ce valoare va lua rezistența variabilă pentru a echilibra puntea?

Circuitul este proiectat pentru o sensibilitate globală  $S=0,5\text{V}/^\circ\text{C}$ . Pentru închiderea punții sunt necesari 2 călăreți la bornele  $T_n$ .

### II.1.5. Măsurarea cu termorezistența de platină

Termorezistențele de platină (RTD) sunt traductoare foarte stabile cu o caracteristică de transfer cvasi-liniară. Cel puțin în intervalul de temperatură din această lucrare neliniaritățile caracteristicii sunt cu totul neglijabile.

Temp (°C)	Rezistență (kΩ)
0	1,000
5	1,020
10	1,039
15	1,058
20	1,077
25	1,096
30	1,116
35	1,135
40	1,154
45	1,173
50	1,193
$\alpha = 0,00385$	
$R(0^\circ\text{C}) = 1,000\text{k}\Omega$	
$R_T = R(0^\circ\text{C}) \times (1 + \alpha T)$	

Tab. 5



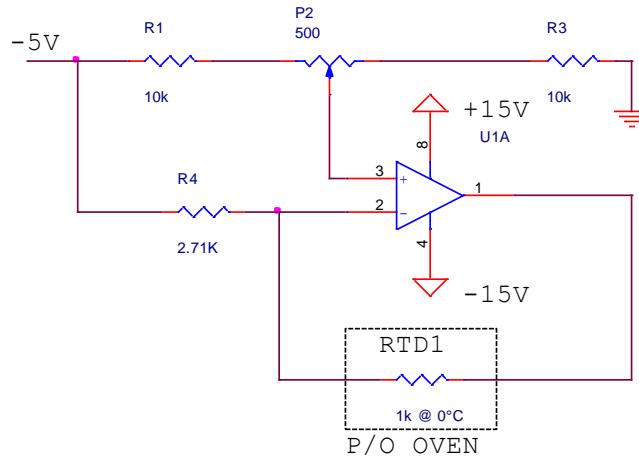
Liniaritatea excelentă este evidențiată din Tab. 5.

TEMP (°C)	Rezistență (kΩ)
35	
40	
45	
50	

Tab. 6

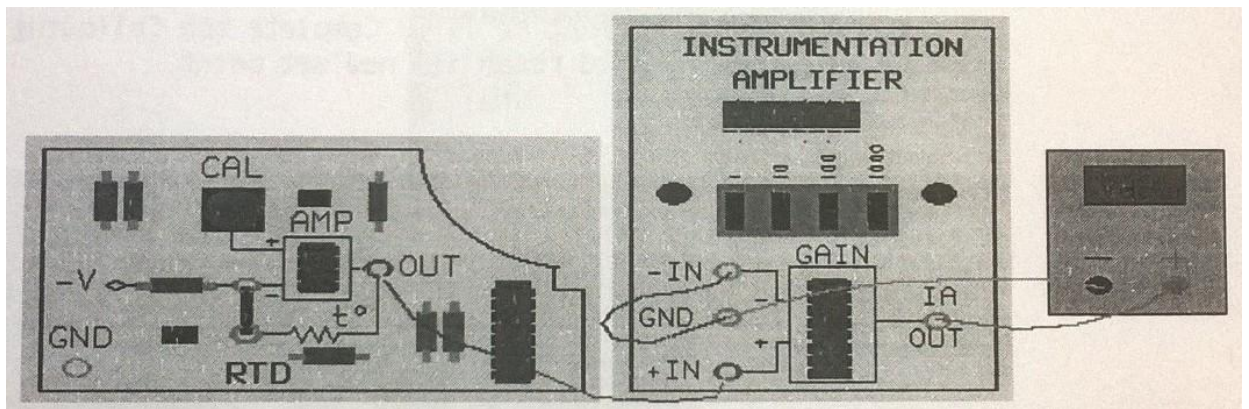
- Se conectează multimetrul pe kilohmi, direct la bornele RTD, se modifică temperatura incintei și se completează tabelul 6.

Circuitul de măsurare de bază este o punte activă cu termorezistența conectată în bucla de reacție negativă.



Circuitul este proiectat pentru  $V_{OUT}=0V$  la  $30^{\circ}C$  și pentru o sensibilitate de  $5mV/^{\circ}C$ .

Pentru a ajunge la o sensibilitate globală de  $0,5mV/^{\circ}C$  ca în cazurile anterioare se conectează ca în figură și amplificatorul de măsurare cu  $A_v=100$ .



The breadboard kit is divided into several functional sections:

- IC TRANSUCER:** Features a temperature display with a scale from 35°C to 50°C. Includes components like TP1, TP2, CTRL, OVEN ON, OVEN ENABLE, and an OVEN.
- THERMISTOR:** Includes a CAL potentiometer, R1, R2, R3 resistors, and +V, +OUT, -OUT terminals.
- INSTRUMENTATION AMPLIFIER:** Features a GAIN potentiometer (10, 100, 1000) and -IN, +IN, IA OUT terminals.
- REFERENCE SUPPLY:** Includes a multi-pin connector J1.
- ULTRASONIC TRANSDUCERS:** Includes a TRANSDUCER, BLOCK ENABLE, CLK, DRV, OUT, FREQ, OSC, and TRANSMITTER/RECEIVER sections.
- INFRARED CONTROLLER:** Includes a BLOCK ENABLE, DECODER, DATA, RECEIVER, ENCODER, and TRANSMITTER sections.
- STRAIN GAUGE:** Includes a physical strain gauge, BRIDGE OUT, AMP OUT, and OFFSET terminals.
- THERMOCOUPLE:** Includes a HEATER, CAL potentiometer, REF, +V, +OUT, -OUT terminals.
- CAPACITANCE SENSOR:** Includes a BLOCK ENABLE, OUT, and a physical capacitance sensor with a 3 cm scale.